matschiei O. Neumann, 2. *Hyrax alpini* Gr., 3. *Hyrax ferrugineus* Gr., 4. *Hyrax luteogaster* Gr. (var. v. *irrorata* Gr.), 5. *Procavia meneliki* O. Neumann, 6. *Procavia mackinderi* Thos., 7. *Procavia johnstoni* Thos., 8. *Procavia jacksoni* Thos.

Ich will nur kurz die hauptsächlichen Unterschiede zwischen diesen Arten und dem Exemplar aus Gondokoro anführen.

ad 1. *Procavia matschiei* O. Neumann (Zool. Jahrbücher, 1900, p. 555) habe ich im Berliner Museum mit meinem Exemplar vergleichen können und stimmt sie keineswegs mit diesem überein; besonders ist *Pr. matschiei* durch die viel lichtere Unterseite unterschieden. Nach Neumann's kurzer Beschreibung in den Zool. Jahrbüchern, 1900, ist *Pr. matschiei* der *Pr. brucei* Gr. sehr ähnlich; letztere ist nach Matschie (Säugetiere Deutsch-Ostafrikas) »hellgrau, weiß gesprenkelt, Oberkopf etwas dunkler graubraun etc.«

ad 2. *Hyrax alpini* Gr. (Catalogue of Carnivorous, Pachydermatous and edentate Mammalia in the British Museum by J. E. Gray). Die Haare haben gelbe Spitzen; Lippe, Kinn und Kehle sind rötlichgelb; die Haare des Kopfes und der Wangen haben weiße Spitzen, der Rückenfleck ist rötlichgelb.

ad 3. *Hyrax ferrugineus* Gr. (Catalogue of Carnivorous etc. by J. E. Gray). Rückenhaare schwärzlich nach der Basis zu, mit kurzen grauen Spitzen; die Haare des Rückenfleckes an der unteren Hälfte schwarz; Unterseite grauweiß; die kurze Bemerkung über den Schädel würde auch auf *Pr. slatini* passen.

ad 4. *Hyrax luteogaster* Gr. (var. von *H. irrorata* Gr.) (Catalogue of Carnivorous etc. by J. E. Gray). Bei *H. irrorata* sind die Haare schwarzgrau an der Basis und haben weiße Spitzen; die Unterseite ist weiß; bei *H. luteogaster* ist zwar die Unterseite gelblich, aber die Haarspitzen scheinen auch weiß zu sein.

ad 5. *Procavia meneliki* O. Neumann (Proc. Z. S., London 1902, p. 143). Auch von dieser Spezies habe ich die Bälge im Berliner Museum vergleichen können. Bei der Spezies aus Gondokoro ist der Rücken schwärzlicher als bei *Pr. meneliki*, weshalb die lichten Ringe der Haare deutlicher abstechen; der

Rückenfleck von *Pr. slatini* ist etwas kleiner als der von *Pr. meneliki*. Kehle und Hals sind bei *Pr. meneliki* ganz einfärbig wie der Bauch und nicht bräunlich gemischt; ferner ist hier kein Unterschied im Ton zwischen der vorderen und hinteren Rückenfärbung; der Oberkopf ist zwar auch dunkelbraun, aber gleichmäßig fein mit Gelblich gemischt, die Nase mehr schwarzgrau mit Lichtgrau meliert. Die lichtere basale Hälfte der Rückenhaare ist bei *Pr. meneliki* schmutzig isabellfarben, bei *Pr. slatini* licht graubraun; die Rückenhaare sind zirka 40 *mm* lang, bei *Pr. slatini* 30 *mm*. Was den Schädel betrifft, so ist der von *Pr. meneliki* steiler, das Occipitale superior höher im Verhältnis zur Breite.

ad 6. *Procavia mackinderi* Thos. (Proc. Z. S., London, 1900, p. 176). Die Rückenhaare sind 40 *mm* lang (*Pr. slatini* 30 *mm*); Allgemeinfarbe blaß olivengrau gesprenkelt; der Rückenfleck ohne Beiseiteschieben der langen Rückenhaare überhaupt nicht sichtbar; Ohrenhaare am Rand und an der Innenseite chamoisgelb, während der Ohrrand bei *Pr. slatini* auffallend braunschwarze lange Haare trägt. Der Schädel von *Pr. mackinderi* ist nach den angegebenen Maßen größer; ebenso ist die Länge des Tieres (allerdings nur annähernd am Balg gemessen) größer als die von *Pr. slatini* (*Pr. mackinderi* 565 *mm*, *Pr. slatini* 450 *mm*, Hinterfuß von *Pr. mackinderi* 70 *mm*, von *Pr. slatini* 60 *mm*).

ad 7. *Procavia johnstoni* Thos. (Proc. Z. S., London 1894, p. 142) kommt infolge des schwarzen Rückenfleckens nicht weiter in Betracht.

ad 8. *Procavia jacksoni* Thos. (Proc. Z. S., London, 1900, p. 176).

Der Oberkopf ist hier rotbraun (rufous), wogegen der von *Pr. slatini* schwarzbraun ist; die Halsseiten sind gelblich, einige der längeren Haare mit schwarzen Spitzen; bei der vorliegenden Art tritt zwar das Gelb am Hals auch etwas mehr hervor, aber alle Haare haben schwarzbraune Spitzen. Bei *Pr. jacksoni* sind die langen Haare braun mit gelbem subterminalem Band oder schwarzer Spitze, während bei *Pr. slatini* alle Haare mit Ausnahme der der Unterseite und des Rückenfleckens einen gelblichen Ring und eine schwarz-

braune, respektive am Hinterkörper rotbraune Spitze haben. Bei *Pr. jacksoni* ist »die Rückenseite der Ohren teils gelb, teils braun«; die Zeichnung der Ohren von *Pr. slatini* ist durch den schwarzbraunen Rand so auffallend, daß dies, wenn bei *Pr. jacksoni* auch vorhanden, von Thomas nicht mit der nicht viel sagenden Bemerkung von »teils gelb, teils braun« abgetan worden wäre. Die Innenseite aller vier Beine von *Pr. jacksoni* soll gelblich sein, während dies bei *Pr. slatini* nur an den Vorderbeinen zutrifft, die Innenseite der Hinterbeine ist nur lichter braun als die Außenseite. Hand und Fuß von *Pr. jacksoni* sind graubraun und weißlich, von *Pr. slatini* fein braun und gelblich meliert, besonders die Zehen dunkler. Das Haar von *Pr. jacksoni* wird als grob und hart beschrieben, was bei *Pr. slatini* nicht der Fall ist.

Die Länge von *Pr. jacksoni* (am Fell gemessen) wird mit 49 *cm* angegeben (*Pr. slatini* am aufgestellten Tier 45 *cm*), die des Hinterfußes 6·7 *cm* (*Pr. slatini* 6 *cm*); *Pr. jacksoni* scheint also etwas größer zu sein, da das Alter der Type (stage VII.) mit dem von *Pr. slatini* übereinstimmt oder eher etwas geringer ist. Die Schädelmaße verhalten sich wie folgt: Länge der Schädelbasis bei *Pr. jacksoni* 83 *mm* (*Pr. slatini* 80 *mm*), größte Breite von *Pr. jacksoni* 49·5 *mm* (*Pr. slatini* 50 *mm*), Nasenbeine von *Pr. jacksoni* 26×19 *mm* (*Pr. slatini* 21 [Nahtlänge], respektive 23·5 [größte Länge]×20 *mm*), Länge der oberen Zahnreihe (p^1 bis m^3) 38 *mm* (*Pr. slatini* 39·5 *mm*), größte Breite von m^1 6·9 *mm* (*Pr. slatni* 7·5 *mm*). Der Schädel von *Pr. jacksoni* scheint also länger und schmäler zu sein; dagegen scheint *Pr. slatini* stärkere Zähne zu haben.

Von den angeführten Arten ist *Pr. matschiei* aus Muansa an der Südküste des Victoria-Sees, *H. alpini* aus Nordafrika, *H. ferrugineus*, *luteogaster* und *irrorata* aus Abessinien, *Pr. meneliki* aus dem Flußgebiet des Blauen Nils (abessinische Provinz Gindebarat), *Pr. johnstoni* aus dem Nyassaland, *Pr. mackinderi* und *Pr. jacksoni* aus dem Keniagebiet.

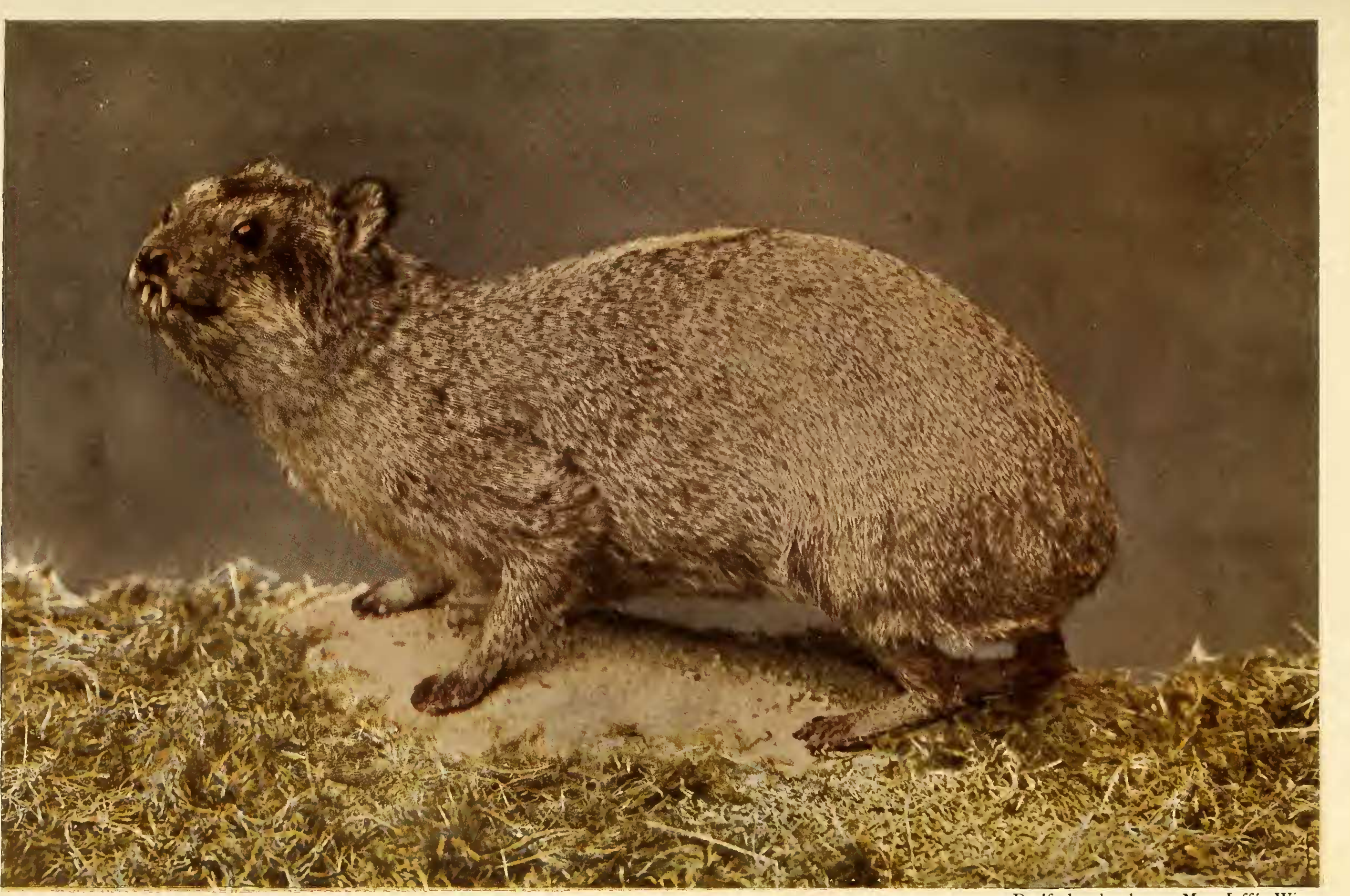
Die mit der Art aus Gondokoro noch am nächsten verwandte Form *Pr. jacksoni* ist vom Äquator und aus dem Hochgebirge, während die Hügel von Gondokoro, der Fundort von *Pr. slatini*, unter dem 5.° n. Br. liegen, eine Höhe von

höchstens 150 *m* erreichen und einzelne aus der Ebene aufsteigende Hügelgruppen bilden, von deren Fuß an sich die sudanesische Ebene nach Norden erstreckt.

Nach dem Gesagten glaube ich die Form aus Gondokoro als neue Spezies, und zwar als *Procavia slatini* aufstellen zu können. Am nächsten scheint dieser Art *Pr. jacksoni* Thos. aus dem Keniagebiet (Kikuju) zu stehen und ist es Sache eines direkten Vergleiches der verwandten Formen, bei Vorhandensein größerer Balgserien festzustellen, ob die eine oder andere Form als Subspezies aufzufassen ist.

Zum Schluß will ich noch Herrn Kustos Dr. Ludwig v. Lorenz meinen Dank für seine Unterstützung aussprechen.

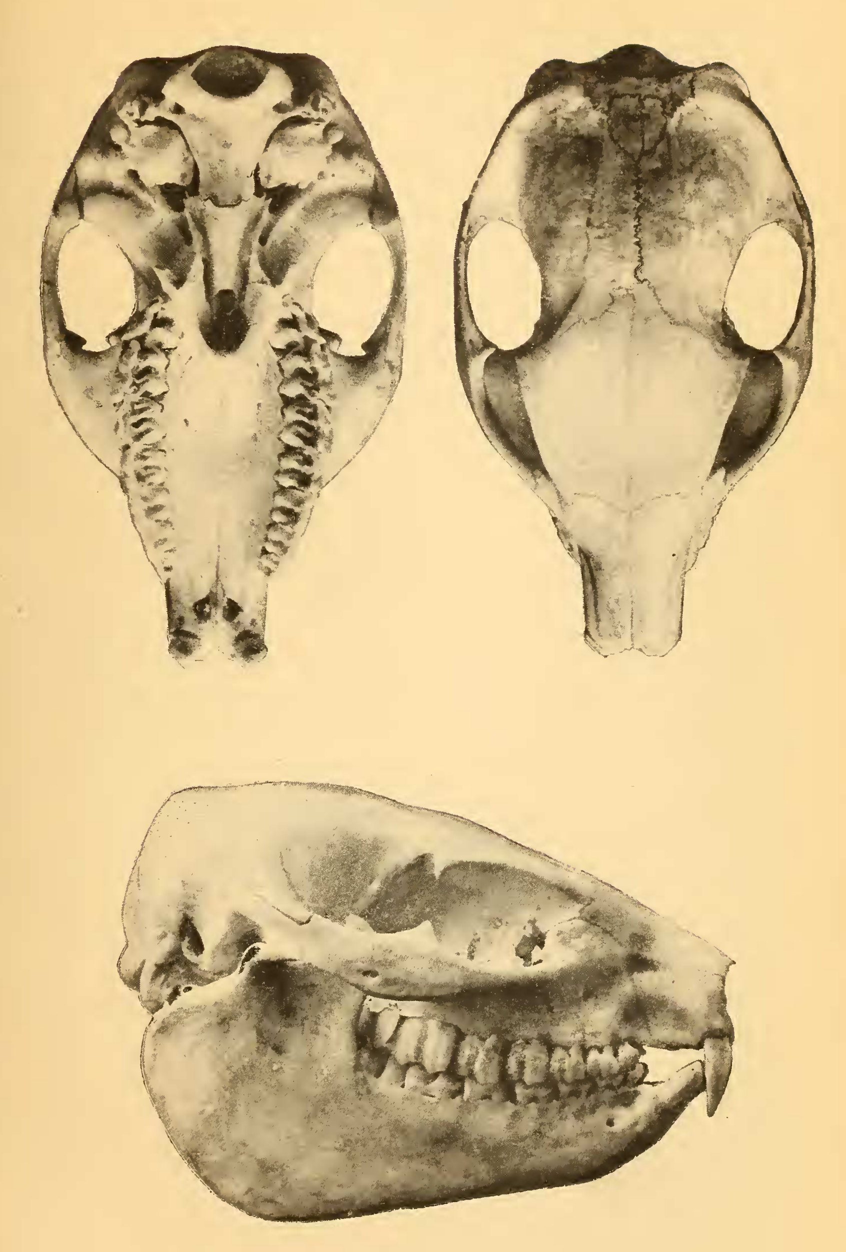
Sassi, M.: Procavia Slatini nov. spec.



Dreifarbendruck von Max Jaffé, Wien.



Textfiguren.





Untersuchungen über die Rolle des Kalkes in der Pflanze

von

Dr. **Viktor Grafe** und **Leopold** Ritter v. **Portheim.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien und der Biologischen Versuchsanstalt in Wien.

(Mit 2 Tafeln und 2 Tabellen.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. Juli 1906.)

Die vorliegenden Untersuchungen wurden insgesamt zunächt mit Keimlingen von *Phaseolus vulgaris* durchgeführt und es bleibt einer späteren Arbeit überlassen, dieselben Versuche auch auf ältere Stadien dieser Pflanze und auf Vertreter anderer Pflanzengattungen zu übertragen.

Eine Übersicht über die in Bezug auf die Kalkfrage vorhandene Literatur teilen wir nicht mit, da eine solche an vielen Stellen bereits gegeben ist.

Wir beschränkten uns zunächst auf die Frage, ob und inwieweit der Kalk bei der Bildung und Wanderung der Kohlehydrate eine Rolle spiele.

Boehm[1] war der erste, welcher auf die Funktion des Kalkes bei der Umwandlung der Stärke in Zucker und beim Transporte des letzteren und bei dessen Verarbeitung durch die Pflanze hinwies, doch ließ er die Frage, in welcher Weise der Kalk dabei beteiligt wäre, offen.

---

[1] Josef Boehm, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. Diese Sitzungsberichte, I. Abt., Bd. LXXI, Aprilheft 1875, p. 15, 18.

Eine ganze Reihe von Arbeiten[1] weist, ausgehend von der Stärkestoppung bei Pflanzen in kalkfreien Kulturen, auf die Notwendigkeit des Kalkes bei der Umwandlung von Stärke in Zucker und beim Transporte des Zuckers nach den Verbrauchsstätten und bei dessen Umwandlung in Zellulose hin.

Hier ist auch die Ansicht Loew's[2] zu erwähnen, der annimmt, daß der Kalk für die Bildung der Diastase, wenn auch nur indirekt, notwendig sei.

Ausführliche Angaben über diesen Gegenstand finden sich bei Kohl,[3] welcher auf die Notwendigkeit des Kalkes beim Zuckertransport und auf seine Rolle bei der Umwandlung des Zuckers in Polysaccharide aufmerksam macht.

Wir gingen von dem Gedanken aus, daß, falls eine der Funktionen des Kalkes tatsächlich eine diesen Ansichten ähnliche ist, durch Zufuhr von Zucker die Erkrankung der Pflanzen in kalkfreien Kulturen entweder gänzlich aufgehoben oder wenigstens eine Zeitlang hintangehalten werden könnte.

Nachdem bekannt war, daß Lävulose für die Pflanzenwurzel ein besonders günstiges Nährmaterial bietet, haben wir in erster Linie diese Zuckerart berücksichtigt, haben aber auch andere Mono- und Disaccharide in den Bereich unserer Untersuchungen gezogen.

Es hat sich herausgestellt, daß auf die oben gestellte Frage durch unsere Versuche keine befriedigende Antwort gegeben werden könne, doch sind dabei einige für die Entscheidung anderer Fragen interessante Momente zu Tage gekommen, denen die folgende Beschreibung gewidmet ist.

---

[1] Josef Boehm, l. c.

E. v. Raumer, Kalk und Magnesia in der Pflanze. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. XXIX (1883).

Raumer und Ch. Kellermann, Über die Funktion des Kalkes im Leben der Pflanze. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. XXV (1880).

A. v. Liebenberg, Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen. Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXXIV, I. Abt., Oktober 1881.

[2] O. Loew, Über die physiologischen Funktionen der Calcium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. Flora, 1892, Heft 3, p. 372.

[3] F. G. Kohl, Anatomisch-physiologische Untersuchungen der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Ein Beitrag zur Kenntnis der Mineralstoffe im lebenden Pflanzenkörper. 1889, p. 42, 43 u. a.

Die ersten Versuche wurden im Warmhause bei einer Temperatur von zirka 20° aufgestellt und später, als sich zeigte, daß der Raum nicht genügend steril zu erhalten war, in einem eigens dazu konstruierten Kasten, welcher durch Sublimatausspülung sterilisiert werden konnte. Die Hansen'sche Kammer hatte sich für unsere Zwecke nicht bewährt.

Dieser Kasten, welcher einen beiläufigen Inhalt von 20 *l* hat, ist für Durchlüftung eingerichtet, doch wurde von dieser Einrichtung kein Gebrauch gemacht, da das zur Verfügung stehende Luftquantum für die Keimlinge während der Versuchsdauer vollkommen ausreichte.

Der Kasten ist aus starkem Eisenblech gebaut, von allen sechs Seiten mit Glas ausgekleidet und mit wasserhartem Kitt gedichtet. In der Mitte der Glasdecke befindet sich ein Messingaufsatz mit Hahn, an welchem innerhalb des Kastens ein Schlauch zur allseitigen Bespritzung des Innenraumes mit Sublimat befestigt ist; der Hahn kann auch nach Einführung eines Trichters und nach Entfernung des Schlauches zur Füllung der Kulturgläser mit Lösungen verwendet werden. An der Manipulationsseite sind Türen angebracht, welche mit Kautschukstreifen gedichtet, durch Schrauben und Bolzen angezogen werden können. Ein zweites, in die obere Glasplatte eingelassenes, durch einen Hahn verschließbares Messingrohr diente der Durchlüftung, ein gleichartiges an der Unterseite ebenfalls der Durchlüftung und zum Ablassen der Sublimatlösung.

Es zeigte sich jedoch in der Folge, daß trotz aller Vorsichtsmaßregeln auf diese Weise die Kulturen nicht ganz keimfrei gehalten werden konnten, und es mußte für die späteren quantitativen chemischen Untersuchungen eine andere Methode in Anwendung gebracht werden.

Zu diesen Versuchen wurden acht tubulierte Glocken, von denen jede einen Inhalt von zirka 3 *l* hatte und deren Ränder glatt geschliffen waren, verwendet. In den Tubus jeder Glocke wurde ein Kautschukstöpsel mit doppelter Bohrung luftdicht aufgesetzt. Durch die eine Bohrung war eine Glasröhre mit eingeriebenem Hahn oberhalb des Stöpsels bis etwa in die Mitte der Glocke geführt, welche Glasröhre durch

einen Vakuumschlauch mit den gleich zu beschreibenden Einfüllkolben verbunden werden konnte. Durch die andere Bohrung war die Durchlüftungsvorrichtung geführt, welche aus einem langen, bis zum Boden der Glocke reichenden, abgebogenen Glasrohr bestand, welches oben in eine weitere Glashülse eingeschmolzen war, die ihrerseits in der Bohrung des Stöpsels steckte.

Oberhalb des Stöpsels zweigte von dieser Hülse das kurze Luftausfuhrrohr ab, während das eben beschriebene lange Rohr noch ein Stück über die Hülse hinausragte und dann rechtwinklig abbiegend der Luftzufuhr diente. (Tafel I.)

Die Manipulation bei den Versuchen war nun folgende: Die Bohnen, welche sorgfältig ausgesucht waren, wurden in dem oben beschriebenen sterilen Kasten unter Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln zum Ankeimen gebracht. Zu diesem Behufe wurden die trockenen Bohnen mit $1^0/_{00}$ Sublimatlösung abgerieben, mit destilliertem, sterilisiertem Wasser abgespült, eingequollen und nachher auf sterilisiertem schwedischen Filtrierpapier ausgebreitet.

Als Kulturgefäße verwendeten wir anfangs gewöhnliche dickwandige Einsiedegläser, welche sich aber nicht zum Sterilisieren in der Hitze eigneten, weshalb wir bei den späteren Versuchen dünnwandige Bechergläser, welche genau ausgemessen und kubiziert waren, gebrauchten.

Diese Gläser wurden nun mit verdünnter Salzsäure, hierauf mit destilliertem Wasser sorgfältig ausgewaschen und mit Organtin überspannt, der in verdünnter HCl ausgekocht und dann mit destilliertem Wasser bis zum Verschwinden der AgCl-Reaktion nachgespült worden war. Dann wurden die Gläser in einen Bogen Filtrierpapier völlig eingehüllt und so im Dampfdrucktopfe durch 20′ bei 120° belassen, nach dem Abkühlen zum sterilen Kasten gebracht, von der Hülle befreit und rasch hineingeschoben. Dort wurden dieselben mit den angekeimten Bohnen belegt, mit vorbereitetem sterilisierten Filtrierpapier umhüllt und zu einem geschlossenen Raume gebracht, der vorher mit $1^0/_{00}$ Sublimatlösung abgerieben worden war und zum Sterilisieren der Glocken diente. Die Bechergläser wurden in Glasschalen gestellt, in denen sich Sublimat befand

und die beinahe den inneren Umfang der Glocken hatten. Das Ganze wurde auf eine mattgeschliffene dicke Glasplatte placiert und die Glocke, welche ebenfalls mit Sublimatlösung gewaschen worden war, rasch darüber gestülpt. Dann wurde die Glocke auf der Glasplatte mit Glaskitt befestigt und mit Paraffin vergossen. Das lange Rohr der Durchlüftungsvorrichtung tauchte nun in die Sublimatlösung in der Glasschale ein. Die Luftzufuhr- und -abfuhrrohre wurden sofort abgeflammt und blieben bis zur Verbindung der Glocken untereinander durch Kautschukkappen verschlossen.

Zur Aufbewahrung der Nährlösungen dienten Pasteur'sche Kolben mit langem Hals und etwa dem doppelten Rauminhalt wie die verwendeten Kulturgläser. Der lange Hals war während des Sterilisierens der Kolben durch einen Watteprofpf, das kurze Ansatzrohr durch eine Kautschukkappe verschlossen.

Als Nährlösung diente die normale Knop'sche, respektive als kalkfreie die analoge mit Weglassung des $Ca(NO_3)_2$, wobei also auf die Veränderung der osmotischen Wirkung der Lösung gegenüber den Pflanzen durch Fortlassung des Kalkes keine Rücksicht genommen wurde. In diesen Nährlösungen wurde die genau dosierte Menge des Zuckers stets so aufgelöst, daß die Lösung in allen Fällen in Bezug auf Zucker einprozentig war.

Saccharose und Dextrose waren, obwohl kristallisierte Merck-Präparate zur Verwendung kamen, vorher einer sorgfältigen Reinigung von Kalk und Strontian unterzogen worden. Die konzentrierte Lösung dieser Zuckerarten wurde mit einer kleinen Quantität konzentrierter Ammonoxalatlösung digeriert und 24 Stunden in gelinder Wärme stehen gelassen. Der entstandene sehr geringe Niederschlag wurde abgesogen. Die Zuckerlösung wurde wiederholt mit Ammonoxalat behandelt, bis auch nach 24 Stunden keine Trübung mehr eintrat, hierauf eingedampft und bis zum Kristallisieren stehen gelassen. Dann wurden die Zuckerkristalle abgesogen, zuerst mit 96prozentigem Alkohol und dann mit wenig destilliertem Wasser wiederholt ausgewaschen, bis eine $CaCl_2$-Lösung mit einigen Tropfen des Waschwassers klar blieb. Die getrockneten Kristalle wurden für die Nährlösung verwendet.

Die Lävulose (Kahlbaum-Präparat), bei der die Gefahr einer Verunreinigung mit alkalischen Erden nicht vorlag und durch die vorgenommene Prüfung auch nicht konstatiert werden konnte, wurde direkt verwendet.

Die Lösungen wurden in den Pasteurkolben in normaler Weise sterilisiert und nach dem Abkühlen in die Kulturgläser eingefüllt. Das Ansatzröhrchen des Kolbens wurde mittels eines langen Kautschukschlauches mit dem Einfüllrohr der Glocke verbunden und nun konnte die Lösung durch Öffnen des Hahnes und entsprechendes Neigen des Kolbens in das Kulturglas unter dem Einfüllrohr bis zu einer beliebigen Marke eingelassen werden, so daß die Menge des in diesem Glase enthaltenen Zuckers stets quantitativ genau determiniert war. Nun wurden die Glocken durch Vakuumschläuche so miteinander verbunden, daß das Lufteinlaßrohr der nachfolgenden mit dem Ablaßrohr der vorhergehenden kommunizierte. Einerseits war das ganze System an eine Geißler'sche Saugpumpe, bei späteren Versuchen an eine Druckpumpe angeschaltet, andrerseits kommunizierte es unter Vermittlung zweier mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllter Waschflaschen, welche als Keimfilter fungierten, mit der Atmosphäre.

Zwischen Pumpe und System war ein Schwefelsäure enthaltender Blasenzähler eingeschaltet. Durch das Glockensystem, welches zur Vorsicht noch auf einer Zinkuntertasse in Sublimatlösung stand, wurde täglich während einer Stunde Luft durchgeleitet.

Die Versuchsanordnung ist aus der Tafel I ersichtlich.

Es mag noch erwähnt werden, daß, um möglichst vorsichtig vorzugehen, die Testa von den Samen unmittelbar vor dem Auflegen auf die Kulturgläser im sterilen Kasten entfernt wurde, was bei *Phaseolus vulgaris* leicht zu bewerkstelligen ist. Im folgenden werden die Daten des Versuchsprotokolles angegeben.

Vorversuche.

Am 10. Juli 1905 wurden im Warmhause bei einer Durchschnittstemperatur von 20° C. acht Gläser mit je acht

Keimlingen im sterilen Kasten aufgestellt. Ganz analoge Kulturen wurden mit einem lichtdichten Sturz bedeckt.

I. Lichtkulturen.

Dauer der Kulturen acht Tage.

1. Normale Nährlösung. Völlig normales Bild. Die Länge der Hypokotyle schwankt zwischen 10·1 bis 10·3 *cm*, die der Wurzeln zwischen 6·5 bis 7·5 *cm*. Die Wurzeln sind weiß, kräftig, mit zahlreichen Nebenwurzeln. Primordialblätter bei allen Keimlingen kräftig entwickelt.

2. Normale Nährlösung mit 1% Dextrose. In der Länge des Hypokotyls dieser Versuchspflanzen und der im ersten Glas gezogenen war kein deutlicher Unterschied zu bemerken; die Wurzeln waren hier etwas kürzer als bei den Keimlingen in der Normallösung ohne Zucker.

3. Normale Nährlösung mit 1% Saccharose. Die Erscheinungen waren in diesem Falle ähnliche wie bei 2.

4. Normale Nährlösung mit 1% Lävulose. Die Hypokotyle hatten eine Länge von 9·8 bis 12·6 *cm*, die Wurzeln eine solche von 8·3 bis 9·5 *cm*. Letztere hatten kurze, kräftige Nebenwurzeln. Die Primordialblätter waren so wie bei 1 entwickelt.

5. Kalkfreie Nährlösung. Die Wurzeln, welche bloß Längen von 2·5 bis 3·5 *cm* aufweisen, waren dünn, braun oder braun gefleckt. Die Hypokotyle hatten braune Flecken. Nur bei einem Keimling waren die Primordialblätter aus den Kotyledonen hervorgetreten.

6. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Dextrose. An den 4·5 bis 5·2 *cm* langen schleimigen Wurzeln wechselten weiße Partien mit braunen. An letzteren waren die Wurzeln gewöhnlich eingeschnürt. Es hatten sich nur wenige Nebenwurzeln gebildet. Die Hypokotyle hatten braune Flecken und waren 4 bis 5·4 *cm* lang. Die Blattausbildung war bei allen Keimlingen zu beobachten.

7. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Saccharose. Die Wurzeln waren 1·5 bis 5·8 *cm* lang, braun, zum Teil eingeschnürt. Am Hypokotyl waren die Krankheitserscheinungen noch nicht aufgetreten.

8. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Lävulose. Die 4·8 bis 5·8 *cm* langen, dünnen, aber weißen Wurzeln hatten warzenförmige Nebenwurzeln. Die Hypokotyle waren hier noch nicht erkrankt und maßen 6·2 bis 7·1 *cm*. Die Primordialblätter waren klein.

II. Dunkelkulturen.

1. Normale Nährlösung. Wurzeln 8·5 bis 12·5 *cm* lang, rein weiß, völlig normal. Hypokotyle 10·8 bis 11·5 *cm*. Bei den meisten Pflanzen Primordialblätter entwickelt.

2. Normale Nährlösung mit 1% Dextrose. Die Wurzeln, deren Länge 6·2 bis 7·5 *cm* betrug, erschienen kräftig, weiß mit vereinzelten braunen Flecken. Die Nebenwurzeln waren warzenförmig. Die Hypokotyle erreichten 9·8 bis 11·2 *cm*.

3. Normale Nährlösung mit 1% Saccharose. Die Keimlinge dieses Versuchsglases ähnelten den eben beschriebenen.

4. Normale Nährlösung mit 1% Lävulose. Wurzeln durchwegs braun, 4·1 bis 5·2 *cm* lang, Hypokotyle 5·1 bis 5·5 *cm*.

5. Kalkfreie Nährlösung. Die braunen, schleimigen Wurzeln waren bloß 1 bis 1·5 *cm* lang. Die stark gekrümmten Hypokotyle waren im Wachstum zurückgeblieben.

6. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Dextrose. Wurzeln braun, 2·3 bis 3·5 *cm* lang; Hypokotyle braun gefleckt.

7. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Saccharose. Die Wurzeln waren erkrankt, an einigen Stellen noch weißlich und hatten eine Länge von 3 bis 3·7 *cm*. Die Hypokotyle waren nicht so stark gekrümmt wie in den beiden vohergehenden Kulturen und hatten braune Flecken.

8. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Lävulose. Die Wurzeln waren braun, schleimig, ganz unscheinbar; die Hypokotyle waren völlig eingekrümmt und durchwegs erkrankt.

Es hatte sich also bei den Lichtkulturen gezeigt, daß bei den in normaler Knop'scher Nährlösung kultivierten Keimlingen die Zufuhr von Lävulose einen günstigen Einfluß auf die Entwicklung der oberirdischen Organe und der Wurzeln hatte. In den Dextrose- und Saccharosekulturen blieben die Wurzeln gegen die in der Normallösung ohne Zucker zurück, während

betreffs der Hypokotyle eine genaue Reihenfolge des Grades der Entwicklung nicht festgestellt werden konnte.

Bei den kalkfreien Kulturen standen die Lävulosepflanzen am besten. Die Hypokotyle wiesen hier gegenüber den Keimlingen in den drei anderen Versuchsgläsern eine bedeutende Längenzunahme auf. Die Wurzeln ähnelten, was Ausbildung und Farbe der Hauptwurzeln anbelangt, denen der Normalpflanzen und hatten auch eine größere Länge als die der übrigen Versuchspflanzen erreicht. Die nächstlängsten Wurzeln hatten die Dextrosepflanzen, dann folgten die Saccharosepflanzen. Die Wurzeln dieser Pflanzen stellten ihr Wachstum scheinbar später ein als die der Keimlinge in der Kultur ohne Zucker und zeigten charakteristische Färbungen, welche oben bereits beschrieben wurden. Die Nebenwurzeln waren nur als Höcker vorhanden. Die Länge der Hypokotyle der Dextrose- und Saccharosepflanzen unterschied sich nicht wesentlich von der der kalkfrei ohne Zucker gezogenen Bohnen.

Von den obigen abweichende Resultate wurden im Dunkeln erzielt. Bei den Normalkulturen waren es die in gewöhnlicher Nährlösung kultivierten Keimlinge, welche das günstigste Bild darboten, während die ungünstigsten Ergebnisse hier in Bezug auf Färbung, Länge und Ausbildung der Wurzeln und Länge der Hypokotyle die Lävulosepflanzen zeigten. Während die Dextrose- und Saccharosebohnen, was die Länge der Wurzeln betrifft, stark hinter den Normalpflanzen zurückblieben, erreichten deren Hypokotyle beinahe dieselbe Länge wie die der Keimlinge in der Normallösung ohne Zucker. Bei den kalkfreien Kulturen war zu dieser Zeit eine Erkrankung in allen Versuchsgläsern zu beobachten; am besten standen, respektive am schwächsten erkrankt waren die Saccharosepflanzen; am schlechtesten standen die Keimlinge der Lävulosekultur.

Die hier besprochenen Verhältnisse und die der noch zu erwähnenden Versuche sind in den beigeschlossenen Tabellen 1 und 2 übersichtlich zusammengestellt.

In der Tabelle 1 sind die in den verschiedenen Kulturen erreichten Längen der Wurzeln, Hypokotyle und Epikotyle angegeben, während in der Tabelle 2 die Reihenfolge des

Entwicklungsgrades der ober- und unterirdischen Organe in den Licht- und Dunkelkulturen und in den Lösungen ohne und mit Zucker angeführt wird.

In der ersten Reihe dieser zweiten Tabelle wird angegeben. bei welcher Kultur jeder Versuchsreihe die längsten Wurzeln, Hypokotyle, respektive Epikotyle konstatiert werden konnten. In der zweiten Reihe sind die Kulturen mit den nächstlängsten Pflanzen verzeichnet. Die Kulturen, deren Keimlinge noch kleinere Organe aufwiesen, sind aus der dritten Reihe und die mit den kleinsten Pflanzen aus der vierten Reihe zu ersehen.

Nachdem einige Wiederholungen obiger Versuchsreihe ähnliche Ergebnisse zeitigten, wobei sich überdies herausstellte, daß Variationen der Zuckerkonzentration von $^1/_2$ bis $2\,^0/_0$ nichts Wesentliches an dem qualitativen Resultat zu ändern vermochten, wurden die Versuche mit der auf p. 1005 ff. beschriebenen Apparatur wiederholt. Nach Ablauf jedes Versuches wurden die Pflanzen gemessen und bei einigen die qualitative und quantitative Veränderung des dargebotenen Zuckers untersucht.

Versuche unter den Glasglocken.

Versuchsreihe vom 14. Februar 1906. Dauer des Versuches 8 Tage. Maximaltemperatur: 17° C.

Lichtkulturen.

1. Normale Nährlösung. Die Keimlinge entwickelten sich normal, entsprechend den auf p. 1009 gegebenen Angaben.

2. Normale Nährlösung mit $1\,^0/_0$ Dextrose. Die Wurzeln waren gekrümmt, gegen die Spitze zu gebräunt; die Wurzelhauben weißlich. Die Hypokotyle waren beiläufig so lang wie die der Normalpflanzen; die Primordialblätter kleiner als bei den ohne Zucker kultivierten Bohnen.

3. Normale Nährlösung mit $1\,^0/_0$ Saccharose. Die Wurzeln waren stark gekrümmt und gebräunt. Die Hypokotyle waren beinahe gleich lang wie die der Normalkulturen.

4. Normale Nährlösung mit 1% Lävulose. Die Keimlinge dieser Kultur hatten schön ausgebildete, im oberen Teile etwas gebräunte, sonst aber weiße Wurzeln. Die Hypokotyle erreichten hier, verglichen mit den anderen drei Kulturen, die größte Länge, sie waren aber dünner als die der Normalkeimlinge und dicker als die der Saccharosekeimlinge.

5. Kalkfreie Nährlösung. Die Erkrankung trat nach fünf Tagen auf; die Wurzeln waren stark zurückgeblieben.

6. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Dextrose: Die Wurzeln blieben klein und waren ganz braun und schleimig. Die Hypokotyle waren nur um weniges länger als bei den Keimlingen in der kalkfreien Nährlösung ohne Zucker.

7. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Saccharose. Die Wurzeln und Hypokotyle dieser Pflanzen waren länger als die der kalkfrei ohne Zucker und kalkfrei mit Dextrose gezogenen Keimlinge. Die Primordialblätter waren noch nicht entwickelt. Die Kotyledonen dieser Versuchspflanzen waren kaum ergrünt.

8. Kalkfreie Nährlösung mit 1% Lävulose. Die Wurzeln, welche am oberen Teil gebräunt, am unteren weiß waren, und die Hypokotyle, welche im Gegensatz zu den zuletzt besprochenen drei Kulturen kaum eine Erkrankung zeigten, waren hier viel länger als die in den gewöhnlichen, kalkfreien-, Dextrose- und Saccharosekulturen. Die Primordialblätter waren bei den Lävulosekeimlingen gut ausgebildet.

Es sei hier auch darauf hingewiesen, daß bei den kalkfreien Kulturen ohne Zucker die Wurzeln 1·527mal, bei den Kulturen mit Dextrose 1·286mal länger waren als die Hypokotyle. Bei den Saccharose- und Lävulosepflanzen trat das entgegengesetzte Verhältnis ein, indem die Wurzeln um 1·357, respektive 1·030 kürzer waren als die Hypokotyle. Das Verhältnis der Länge der Wurzeln zu der der Hypokotyle war übrigens bei den einzelnen kalkfreien Kulturen der verschiedenen Versuchsreihen im Licht nicht immer das gleiche; in manchen Fällen waren die Wurzeln in einer Nährlösung länger als die Hypokotyle, in anderen Fällen in derselben Lösung kürzer.

Im Dunkeln waren die Hypokotyle in den Kulturen ohne Kalk stets länger als die Wurzeln.

Kontrollversuche, welche am 22. Februar und 1. März 1906 zur Aufstellung kamen, ergaben ähnliche Resultate wie die des Versuches vom 14. Februar.

Die Ergebnisse des Versuches vom 1. März waren folgende:

Bei den Kulturen in normalen Nährlösungen standen die Lävulosekeimlinge in Bezug auf Dicke, Länge der Hauptwurzeln und Ausbildung der Nebenwurzeln am besten; am wenigsten günstig waren die Ergebnisse bei Dextrose.

Bei den Kulturen in kalkfreien Nährlösungen wiesen die Dextrosekeimlinge die stärkste Bräunung an Wurzeln und Hypokotylen und die geringsten Längen auf; während sich die Lävulosekeimlinge durch feste, kaum gebräunte Hauptwurzeln mit den charakteristischen warzenförmigen Nebenwurzeln, gut entwickelte Primordialblätter und relativ starke Hypokotyle auszeichneten. Die Saccharosepflanzen nahmen zwischen den Lävulose- und Dextrosepflanzen eine Mittelstellung ein.

Am 15. März 1906 wurden neue Versuchsreihen im Licht und im Dunkeln aufgestellt.

Leider waren bei den Lichtkulturen die Kulturen in der normalen Nährlösung ohne Zucker verunglückt, so daß nur eine Vergleichung der Normallösungen, die eine der drei Zuckerarten enthielten, möglich war. Das Resultat entsprach dem für den Kontrollversuch vom 1. März angegebenen. Bei den kalkfreien Kulturen waren auch die Saccharosepflanzen frühzeitig zu Grunde gegangen; aber die günstige Beeinflussung der Entwicklung der Keimlinge in der Lösung, der Lävulose zugesetzt worden war, und die weniger günstige Entwicklung in der Lösung mit Dextrose war deutlich zu sehen.

Bei den Dunkelkulturen konnte bei den normalen Nährlösungen, was die Wurzeln betrifft, folgende Reihenfolge mit Bezug auf die Entwicklung festgestellt werden.

Am besten standen die normalen Keimlinge, dann die Dextrosekeimlinge, denen die Saccharosekeimlinge und schließlich die Lävulosekeimlinge folgten. Bei den Hypokotylen war

die Reihenfolge dieselbe, nur waren die Dextrosepflanzen beinahe gleich lang wie die Normalpflanzen.

Bei den kalkfreien Kulturen im Dunkeln lieferten die mit Dextrose kultivierten Bohnen die relativ besten Ergebnisse, an zweiter Stelle standen die Saccharosebohnen, an dritter Stelle die Bohnen der kalkfreien Kulturen ohne Zucker mit Bezug auf die Wurzeln und die Lävulosepflanzen mit Bezug auf die Hypokotyle. Die schlechtesten Wurzeln hatten die Keimlinge der Lävulosekultur, die schlechtesten Hypokotyle die der Kultur ohne Zucker.

Andere am 18. April und 28. April 1906 unternommene Versuche ergaben analoge Resultate, die hier nicht in extenso mitgeteilt werden sollen, dagegen soll hier noch der Versuch vom 5. Mai dieses Jahres besprochen werden, da Taf. II das Photogramm der kalkfreien Kulturen dieses Versuches darstellt und auch die weiter unten mitgeteilten Ergebnisse der quantitativen und qualitativen Zuckeranalyse aus dieser Versuchsreihe stammen. Übrigens wurden qualitative Zuckeruntersuchungen auch beim Versuche vom 15. März vorgenommen.

Versuch vom 5. Mai 1906.

Lichtkulturen.

Normale Nährlösungen. Die schönsten Wurzeln waren in der normalen Knop'schen Nährlösung ohne Zucker zu beobachten; die nächstbesten Wurzeln hatten die Lävulosekeimlinge, die schlechtesten die Keimlinge der Dextrosekultur, obzwar die Wurzeln der Saccharosepflanzen nicht viel länger waren als die der Dextrosepflanzen.

Wie die Wurzeln verhielten sich auch die Hypokotyle, doch waren die der Saccharosepflanzen bedeutend länger als die der Dextrosepflanzen. Die längsten Epikotyle hatten die Lävulosekeimlinge, dann folgten die in der Normallösung ohne Zucker, dann die Saccharose- und schließlich wieder die Dextrosekeimlinge.

Kalkfreie Nährlösungen. Die Wurzeln, Hypokotyle und Epikotyle waren in der Lävulosekultur besonders gut entwickelt, ohne freilich die Längen dieser Organe in der

normalen Nährlösung ohne Zucker zu erreichen. Dieser Lösung gegenüber waren besonders die Wurzeln zurückgeblieben.

In der kalkfreien Lösung ohne Zucker und in der mit Dextrose waren die Wurzeln beinahe gleich lang, am kürzesten waren sie in der Lösung mit Saccharose. Was die Hypokotyle und Epikotyle anbelangt, so standen den Lävulosepflanzen die Dextrosepflanzen am nächsten, dann kamen die Keimlinge der Lösung ohne Zucker und zum Schluß die der Saccharoselösung.

Dunkelkulturen.

Normale Nährlösungen. Wurzeln: Die besten Resultate ergab in diesem Falle die Dextrosekultur, dann die normale Nährlösung ohne Zucker, nachher die Saccharosekultur. Die schlechtesten Wurzeln hatten die Keimlinge aus der Lävulosekultur.

Hypokotyle: Die längsten Hypokotyle hatten die Normalpflanzen, denen die Dextrose-, Saccharose- und Lävulosepflanzen, was die Länge betrifft, der Reihe nach folgten.

Epikotyle: In der Normallösung ohne Zucker hatten zur Zeit des Abbruches des Versuches bereits alle Keimlinge ganz schön entwickelte Epikotyle. In den Dextrose- und Saccharosekulturen hatten nur je drei Keimlinge Epikotyle, welche eine Länge von 1 bis 2 *cm* erreichten. In der Lävulosekultur hatten die Epikotyle nicht meßbare Längen.

Kalkfreie Nährlösungen. Wie beim Versuche vom 15. März 1906 so konnte auch hier mit Bezug auf die Entwicklung der Wurzeln folgende Reihenfolge konstatiert werden: 1. Dextrose, 2. Saccharose, 3. kalkfreie Lösung ohne Zucker, 4. Lävulose, während bei den Hypokotylen die kalkfreie Lösung und die Lävuloselösung ihre Stellung vertauschten.

Epikotyle: Während sechs Keimlinge der Normallösung ohne Zucker Epikotyle in der Länge von 1 bis 2 *cm* gebildet hatten, hatten bloß fünf Keimlinge der Dextrosekultur Epikotyle entwickelt. Freilich waren letztere (2·06 *cm*) im Durchschnitt länger als erstere (1·45 *cm*).

In der Saccharosekultur hatten zwei Keimlinge Epikotyle mit einer Durchschnittslänge von 1·5 *cm*, in der Lävulosekultur hatten zwei Epikotyle eine durchschnittliche Länge von 1·25 *cm*.

Den mitgeteilten Ergebnissen zufolge besteht also offenbar eine Beziehung zwischen Kalk und Zucker; es geht daraus aber, wie schon eingangs erwähnt, nicht hervor, daß der Kalk bei der Umwandlung oder Leitung der Kohlehydrate notwendig ist.

Höchst auffallend ist, daß, was die individuelle Form der Zuckerarten anbelangt, es einen Unterschied ergibt, ob Dextrose, Saccharose oder Lävulose verwendet wird.

Unsere Versuche haben ergeben, daß in Nährstofflösungen, denen der Kalk fehlt, durch Zufuhr von Lävulose die Entwicklung der Wurzeln und oberirdischen Organe im Licht gefördert wird und daß die mit Lävulose gefütterten Pflanzen die Erkrankung infolge von Kalkmangel zu einer Zeit noch nicht zeigen, zu welcher die in gewöhnlichen, kalkfreien Lösungen kultivierten Keimlinge bereits erkrankt sind.

Die Saccharose- und Dextrosepflanzen hatten sich gewöhnlich besser entwickelt als die kalkfrei gezogenen.

Im Dunkeln, wo frühzeitig eine Erkrankung aller kalkfrei gezogenen Bohnen erfolgte, waren es die Keimlinge der Saccharose- und Dextrosekulturen, hauptsächlich aber letzere, welche das günstigste Bild boten, am ungünstigsten standen auch hier die Keimlinge der Nährlösung ohne Kalk, was die Hypokotyle anbelangt. Die schlechtesten Wurzeln hatten bei den Dunkelpflanzen die mit Lävulose ernährten.

Bei den Versuchen mit normalen Nährlösungen im Licht waren die Resultate nicht so deutlich; das Wachstum der Hypokotyle scheint auch hier im allgemeinen durch Zusetzen von Lävulose, Dextrose und Saccharose zu der Nährlösung, besonders durch erstere Zuckerart, gefördert zu werden. Was die Wurzelentwicklung betrifft, so konnte kein klares Ergebnis erzielt werden. Bei den Kulturen mit Kalk im Dunkeln findet eine Förderung des Wachstums bei Darbietung von Zucker nicht statt, sondern im Gegenteil eine Herabminderung des Längenwachstums.

Dickenwachstum und Gewicht der Versuchspflanzen wurde bei unseren Versuchen vorläufig nicht näher geprüft.

Die Resorption von Kohlenstoffverbindungen durch Phanerogamenwurzeln und ein dadurch erzielter Ernährungseffekt wurde von einzelnen Autoren gelegentlich schon beschrieben. So erwähnt bereits Boehm[1] Zuckeraufnahme durch die Wurzel. Acton[2] hat Stärkebildung in den grünen Teilen von Pflanzen im Dunkeln beobachtet, denen er Zucker in einer Nährlösung geboten hatte.

Laurent und Mazé[3] konnten an Zuckerkulturen von Maispflanzen stärkere Zunahme an Trockengewicht und dunklere Farbe der grünen Blätter als in den zuckerfreien Kontrollkulturen konstatieren. Zaleski[4] beobachtete reichliche Eiweißbildung an *Helianthus*-Blättern im Dunkeln, wenn diese Blätter auf einer normalen Nährlösung mit Lävulose schwammen. Ohne Lävulosezufuhr fand eine Abnahme der Eiweißmenge statt.

Unseren bisherigen Befunden im großen und ganzen entsprechende Resultate ergaben die quantitativen Analysen der Zuckerlösungen der kalkfreien Kulturen im Licht, welche nach Abbruch der Versuche angestellt wurden. Dabei zeigte es sich zunächst, daß in den Saccharoselösungen der Zucker völlig invertiert war und daß der meiste Zucker in der Lävulosekultur, der wenigste in der Dextrosekultur konsumiert worden war.

Ein Vorversuch, der auf dem mikrochemischen Nachweis der verschiedenen Zuckerarten basierte, zeigte, daß in allen Versuchsgläsern, gleichgültig mit welcher Zuckerart, ob im

---

[1] Josef Boehm, Über Stärkebildung aus Zucker. Botanische Zeitung, 41. Jhrg., 1883, Nr. 4, p. 54.

[2] H. Acton, Proc. Roy. Soc. London, Vol. XLVII, p. 150 (1890), zit. nach F. Czapek, Biochemie der Pflanzen, I, p. 396.

[3] J. Laurent, Compt. rend., T. CXXV, p. 887 (1897), T. CXXVII, p. 786 (1898), T. CXXXV, p. 870 (1902); Rev. gén. de Botan., T. XVI, p. 14 (1904).

Mazé, Compt. rend., T. CXXVIII, p. 185 (1899).

Mazé und A. Perrier, Compt. rend., T. CXXXIX, p. 470 (1904), zit. nach F. Czapek, Biochemie der Pflanzen, I, p. 396, 397.

[4] W. Zaleski, Die Bedingungen der Eiweißbildung in den Pflanzen. 1900. Botanisches Zentralblatt, 1901, Bd. LXXXVII, Nr. 8, XXII. Jhrg., p.282, Ref.

Licht oder im Dunkeln, gefüttert worden war, neben dem verwendeten Zucker stets noch Lävulose vorlag. Dieser Nachweis wurde mittels der Methode geführt, welche der eine von uns für die individuelle Feststellung dieser Zuckerarten ausgearbeitet hat.[1]

Ferner wurde gefunden, daß die Flüssigkeit der Rohrzuckerkultur Fehling'sche Lösung beim Erwärmen, jedenfalls aber ohne vorhergegangene Hydrolyse, reduzierte. Es mußte der Rohzucker also schon vor Anstellung der qualitativen Prüfung im Kulturgefäß hydrolysiert worden sein, was ja nicht auffallend ist, selbst wenn man nicht an die Wirkung von Bakterien denkt, die doch trotz aller peinlichen Sorgfalt in die Kultur gelangt sein konnten; hat doch Molisch[2] über amylolytische und invertierende Wirkungen durch Wurzelsekrete höherer Pflanzen berichtet.

Auffallend war hingegen die teilweise Umwandlung der Dextrose in Lävulose und die stärkere Aufnahme der Lävulose aus der originalen Lävulosekultur und der Invertzuckerlösung. Es sei aber auch betreffs der Umwandlung der Zuckerarten ineinander hier darauf aufmerksam gemacht, daß solche Umwandlungen von Monosen ineinander von Lobry de Bruyn und van Ekenstein[3] unter Einwirkung sehr verdünnter wässeriger Alkalien beobachtet wurden und daß, wie schon erwähnt, zweifellos auch enzymatische Wurzelsekrete diese Wirkung haben könnten. Übrigens hat einer von uns[4] eine solche Umlagerung in der Zwiebel von *Allium cepa* beim Austreiben beobachtet.

Die Methode zur quantitativen Bestimmung der Zucker war aus der Knapp'schen und Sachsse'schen kombiniert und

---

[1] Viktor Grafe, Studien über den mikrochemischen Nachweis verschiedener Zuckerarten in den Pflanzengeweben mittels der Phenylhydrazinmethode. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. CXIV, Abt. I, März 1905.

[2] Hans Molisch, Über Wurzelausscheidungen und deren Einwirkung auf organische Substanzen. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, 1887, Bd. XCVI, I. Abt., Oktober.

[3] Lobry de Bruyn, Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Bd. XXVIII, p. 3078. Chemisches Zentralblatt, Bd. XCVII, I, p. 1173.

[4] V. Grafe, l. c., p. 11.

beruht auf der Verschiedenheit der Reduktionskonstanten gegen Knapp'sche und Sachsse'sche Lösung bei Glukose und Fruktose.

Die Lösungen, deren ursprünglicher Zuckergehalt ja genau bekannt war, wurden in einen Meßkolben gespült, auf das Doppelte verdünnt, um eine zirka $^1/_2$ prozentige Lösung zu erhalten, und dann je ein Drittel zur Ausführung der beiden Proben herauspipettiert.

Die erhaltenen Zahlen sind folgende:

Lichtkultur vom 5. Mai 1906.

Kalkfreie Lösungen.

1. Saccharose. Verbraucht für ein Drittel der Flüssigkeit nach Sachsse 563 *cm*³, verbraucht für ein Drittel der Flüssigkeit nach Knapp 757 *cm*³, woraus sich rechnungsmäßig die
Menge der Lävulose mit . . . . 2·1960 *g*
die der Dextrose mit . . . . 2·3202 »
zusammen mit . . . . 4·5162 *g*
ergibt. Da das Versuchsglas auf 675 *cm*³ aufgefüllt
worden war und daher zu Beginn des Versuches . . 6·7500 *g*
enthalten hatte, so waren . . . . 2·2338 »
des Zuckers verbraucht worden.

2. Lävulose. Verbraucht wurden für ein Drittel der Flüssigkeitsmenge von der Sachsse'schen Lösung 340·5 *cm*³,
woraus sich die Menge der vorhandenen Lävulose mit . 2·1758 *g*
ergibt. Da das Versuchsglas 755 *cm*³ Flüssigkeit, also 7·5500 »
Lävulose enthielt, waren . . . . 5·3742 *g*
Lävulose von den Keimlingen aufgenommen worden.

3. Dextrose. Für ein Drittel der Flüssigkeitsmenge wurden von der Sachsse'schen Lösung 897 *cm*³, von der Knapp'schen Lösung 1206 *cm*³ verbraucht, woraus sich die
Menge der Lävulose mit . . . . 1·1668 *g*
die der Dextrose mit . . . . 1·2314 »
respektive für die ganze Quantität mit . . . . 3·5004 »
für Lävulose und . . . . 3·6942 »
für Dextrose, zusammen mit . . . . 7·1946 *g*

berechnet. Die ursprüngliche Zuckerquantität des Kulturglases ($780\,cm^3$) betrug . . . . 7·8000 *g*
Dextrose, es wurden daher im ganzen nur . . . . 0·6054 »
Dextrose resorbiert.

Die Resultate der quantitativen Analyse stimmen bei den Lävulose- und Dextrosekulturen wohl mit den Ergebnissen der äußeren Erscheinung der Pflanzen bei Fütterung mit den beiden Zuckerarten in den Lichtkulturen überein, nicht aber bei der Saccharosekultur, deren Pflanzen eine Zuckermenge von 2·2338 *g* aufgenommen hatten, aber die kleinsten Individuen ergaben.

Dunkelkulturen.

Die Tatsache, daß sich bei den Dunkelkulturen gegenüber den Lichtkulturen das Verhältnis in der Wirkungsweise der drei Zuckerarten völlig umkehrte, ließ erwarten, daß auch die Resultate der quantitativen Untersuchung der Lösungen der Dunkelkulturen entsprechende sein würden. Diese Erwartung hat sich nur zum Teil bestätigt. Wie bei den Lichtkulturen so wurden auch hier die größten Quantitäten Zucker der Lävuloselösung entnommen. Während aber bei den Lichtkulturen die nächstgrößte Menge des Zuckers von den Saccharosekulturen aufgenommen wurde, waren es hier die Dextrosepflanzen, die nach den Lävulosepflanzen den größten Zuckerverbrauch aufwiesen. Während die Zuckeraufnahme der Keimlinge der Dextrosekultur im Licht 0·6054 *g* betrug, stellte sie sich im Dunkeln auf mehr als das Doppelte, nämlich auf 1·6563 *g*. Die Differenz zwischen der im Dunkeln bei Saccharose- und Dextrosefütterung aus der Lösung verschwundenen Zuckermenge war aber nicht sehr groß, während sie bei den Kulturen im Licht sehr bedeutend war.

Nachfolgend die Daten der Dunkelkultur:

1. Saccharose. Für ein Drittel der Flüssigkeitsmenge wurden $602\,cm^3$ der Sachsse'schen Lösung und $817\,cm^3$ der Knapp'schen Lösung verbraucht. Das entspricht einer

Menge von . . . . 2·2497 *g*
Lävulose und . . . . 2·6271 »

Dextrose, zusammen . . . . 4·8768 *g*

Zucker: Da im Kulturglas (650 cm^3) ursprünglich . . . . 6·5000 *g*
Zucker vorhanden waren, so waren . . . . 1·6232 »
von der Saccharose resorbiert worden.

2. Lävulose. Nachdem für ein Drittel der Flüssigkeitsmenge 275 cm^3 der Sachsse'schen Lösung verbraucht wurden, so ergibt sich die Menge der vorhandenen Lävulose mit . . . . 1·75725 *g*
Da ursprünglich 600 cm^3 Flüssigkeit, also . . . . 6·00000 »

Lävulose vohanden waren, hatten die Pflanzen . . . . 4·24275 *g*
des Zuckers aufgenommen.

3. Dextrose. Verbrauch für ein Drittel der Flüssigkeitsmenge nach Sachsse 735 cm^3, nach Knapp 980 cm^3, woraus sich die Menge der Lävulose mit . . . . 2·9745 *g*
und die der Dextrose mit. . . . . 2·8692 »

die des Gesamtzuckers mit . . . . 5·8437 *g*
berechnet. Da anfangs im Kulturglas 750 cm^3, also . . . . 7·5000 »

Dextrose vorhanden waren, so wurden . . . . 1·6563 *g*
verbraucht.

Zu dem früher auf p. 1021 Gesagten ist noch hinzuzufügen, daß bei den Dunkelkulturen weniger Lävulose und Saccharose aus den entsprechenden Lösungen aufgenommen wurde als bei den Lichtkulturen, bei den Dextrosekulturen war das Umgekehrte der Fall.

Die quantitative Untersuchung ist wegen ihrer außerordentlich schwierigen Durchführung vorläufig nur an den kalkfreien Keimlingen und nur an einer Versuchsreihe angestellt worden. Es wird eine Aufgabe der nächsten Arbeit sein, die diesbezüglichen Verhältnisse einer genauen Prüfung zu unterziehen.

Auffallend war bei dieser vorläufigen Untersuchung die Konstatierung der Bevorzugung gerade der linksdrehenden

Monose in den meisten Fällen, was ja auch im Licht an der Entwicklung der Bohnen beobachtet werden konnte und die Feststellung der Disharmonie zwischen Zuckeraufnahme, und sonstigem Verhalten der Versuchspflanzen bei den Licht- und Dunkelkulturen.

Die Tatsache, daß durch die Zuckerarten eine bessere Entwicklung der kalkfrei gezogenen Bohnen und eine Verzögerung der Erkrankung derselben herbeigeführt werden konnte, erweckte den Gedanken, ob nicht vielleicht die charakteristische Krankheit infolge von Kalkmangel einer anderen, bisher noch nicht untersuchten Ursache zuzuschreiben sei.

Nach Schimper[1] und anderen Forschern soll das saure oxalsaure Kali, respektive die freie Oxalsäure die Erkrankung der kalkfrei gezogenen Pflanzen herbeiführen. Nun konnte aber einer von uns[2] bei infolge von Kalkmangel erkrankten Bohnen kaum eine bemerkenswerte Zunahme von freien Säuren nachweisen. Es war daher wahrscheinlich, daß eine andere Giftwirkung, da ja die Pflanzen die charakteristischen Vergiftungserscheinungen zeigen, hiebei eine Rolle spiele. Wie Loew und Bokorny[3] nachgewiesen haben, ist es möglich, im Laboratorium aus Formaldehyd durch längeres einfaches Stehen mit verdünnter Kalklösung bei gewöhnlicher Temperatur einen reduzierenden Zucker synthetisch zu erzeugen, welchen sie Formose nannten und der sich bei späteren Untersuchungen als ein Gemisch von Dextrose und Lävulose herausstellte.

Es lag daher nahe, zu prüfen, ob nicht vielleicht auch in der lebenden Pflanze ein ähnlicher synthetischer Prozeß sich abspiele und ob dem Kalk unter anderen Rollen auch die des synthetisierenden Agens zukomme, ferner ob er quasi als Schutzstoff gegen den bei der Kohlensäureassimilation sich

---

[1] A. F. W. Schimper, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. »Flora oder allgem. bot. Zeitung«, 1890, H. 3, p. 248.

[2] L. v. Portheim, Über die Notwendigkeit des Kalkes für Keimlinge, insbesondere bei höherer Temperatur. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. CX, Abt. I, April 1901, p. 38, 43.

[3] O. Loew, Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Bd. XX, p. 142, 3039, Bd. XXI, p. 270, Bd. XXII, p. 470, 478.

bildenden Formaldehyd wirke, also bei seinem Fehlen die Vergiftungserscheinungen von Formaldehyd herrühren. Einen ähnlichen Gedanken, daß nämlich der Kalk als Schutzstoff wirkt, hat Loeb[1] bezüglich der Wirkung des Kalkes im Tierkörper ausgesprochen. Unsere Versuche mußten also darauf gerichtet sein, festzustellen, ob bei kalkfrei gezogenen Pflanzen im Licht und im Dunkeln eine Zunahme an Formaldehyd gegenüber den normal kultivierten zu konstatieren sei. Das Vorkommen von Formaldehyd in assimilierenden Pflanzen hat in neuerer Zeit Pollacci[2] darzutun gesucht und auch Usher und Priestley[3] haben Formaldehyd mit Erfolg in assimilierenden Pflanzen nachgewiesen.

Unsere diesbezüglichen Vorversuche wurden in der Weise angestellt, daß vier Kulturen von *Phaseolus vulgaris* angesetzt wurden, und zwar je eine mit normaler Knop'scher Nährlösung und mit einer Nährlösung, der Kalk fehlte, im Licht und zwei ebensolche Kulturen im Dunkeln.

Die Dunkelkulturen sollten zeigen, ob Aldehydbildung nicht auch im Dunkeln, also durch Destruktion, stattfinden könne.

Nachdem die Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* in den kalkfreien Kulturen in der gewöhnlichen Weise erkrankt waren, wurden sie und die normalen Keimlinge der Untersuchung unterzogen. Dieselbe wurde vor allem in der Weise vorgenommen, daß die einzelnen Pflanzen von Wurzeln und Kotyledonen befreit und klein zerschnitten wurden. Nachdem ihr Lebendgewicht bestimmt worden war, wurden sie der Destillation mit Wasserdampf unterworfen. Es wurden zirka

---

[1] J. Loeb, Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig, 1906, p. 116.

[2] Gino Pollacci, Intorno alla presenza dell' Aldeide Formica nei vegetali. Rendiconti del R. Ist. Lomb. di sc. e lett. Ser. II, Vol. XXXII, 1899. Intorno all' assimilazione clorofilliana delle piante. Instituto Botanico della R. Universita di Pavia, 1899. L'assimilation chlorophyllienne. Archives ital. de Biologie, Bd. XXXVII, 1902.

[3] Francis L. Usher und J. H. Priestley, Untersuchung über den Mechanismus der Kohlenstoffassimilation in grünen Pflanzen. Proceedings of the Royal Society, 1906, Bd. 77, p. 369 bis 376. Ref. Naturwissenschaftliche Rundschau, XXI. Jhrg., 1906, Nr. 17, p. 212.

500 cm^3 abdestilliert, aber je 100 cm^3 für sich aufgefangen und einer nochmaligen Destillation unterworfen. Es sei gleich bemerkt, daß stets nur die ersten Fraktionen ein Resultat lieferten, was ja bei der Leichtflüchtigkeit der Aldehyde natürlich ist.

Die Prüfung auf Formaldehyd wurde nach folgenden Methoden unternommen: Nach Lebbin,[1] indem durch Erhitzen der Flüssigkeit mit fünfprozentiger alkalischer Resorcinlösung bis zum Kochen mit Formaldehyd eine rote Färbung eintritt; ferner durch Bläuung oder Violettfärbung eines mit neutraler Lösung von Rosanilinchlorhydrat getränkten Papieres und schließlich nach einer Methode, welche, bei Gelegenheit dieser Versuche gefunden, sich als außerordentlich scharfes und spezifisches Reagens auf Formaldehyd bewährt hat und deren Beschreibung anderenorts erfolgt. Diese Reaktion manifestiert sich durch Auftreten eines grünen Ringes, respektive bei halbwegs größeren Formaldehydmengen durch Bildung eines grünen Niederschlages beim Versetzen der Lösung mit dem Reagens, einer Lösung von Diphenylamin in Schwefelsäure.

Die im Dunkeln gezogenen Pflanzen, normale und kalkfrei kultivierte, lieferten weder mit dem einen noch mit dem anderen Reagens ein positives Ergebnis, aber auch nicht mit dem allgemeinen Aldehydreagens nach Schiff, welches auf der Rötung einer durch SO_2 entfärbten Fuchsinlösung durch Aldehyde beruht.

Es hatten sich also hier Aldehyde überhaupt nicht gebildet.

Bei den Lichtkulturen wurde das Schiff'sche Reagens sowohl durch das Destillationsprodukt der normalen Keimlinge als auch durch das der kalkfrei gezogenen Keimlinge gerötet. Das Lebbin'sche Reagens gab kein brauchbares Resultat. Das Rosanilinpapier blieb in dem Extrakte der normalen Pflanzen unverändert, in dem der kranken Bohnen erschien es nach längerem Stehen unter dem Uhrglase schwach violett gefärbt.

---

[1] Zit. nach: H. Henriet, Sur la présence de l'aldéhyde formique dans l'air atmosphérique. Compt. rend., T. 138 (1904), p. 203.

Das obgenannte neue Reagens lieferte in den beiden von den gesunden und kranken Keimlingen von *Phaseolus vulgaris* stammenden Flüssigkeiten einen ganz schwachen grünen Ring, soviel man beurteilen konnte, in derselben Zeit und derselben Intensität. Da aber das Gewicht der zu dem Versuche verwendeten kalkfrei gezogenen Pflanzen nur 21·5 *g*, das der normal kultivierten Pflanzen aber 49·5 *g* betrug, so ist es möglich, daß erstere mehr Formaldehyd geliefert haben. Eine endgültige Entscheidung dieser Frage kann aber natürlich erst die Anstellung zahlreicher und sorgfältiger Versuche geben.

Diese weiteren Untersuchungen sind um so mehr erforderlich, da ja bei den erkrankten Keimlingen im Dunkeln kein Formaldehyd nachgewiesen werden konnte. Wenn sich unsere Vermutung bewahrheitet, müßte die Erkrankung in diesem Falle auf andere Ursachen zurückzuführen sein.

Zum Schlusse gestatten wir uns, unserem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Wiesner, für das Interesse, das er unseren Untersuchungen entgegenbrachte, unseren innigsten Dank auszusprechen.

Auch Herrn Dr. Emil Löwi, der so freundlich war, die photographischen Aufnahmen unserer Versuche zu besorgen, danken wir bestens.

Zusammenfassung.

1. Werden Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* in normaler Knop'scher Nährlösung oder in einer solchen, der der Kalk fehlt, gezogen und wird ihnen dabei Gelegenheit geboten, auch Zucker aus der Lösung aufzunehmen, so wird hiedurch ihre Entwicklung beeinflußt, und zwar je nachdem, welche Zuckerart dargeboten wurde, und je nachdem, ob die Kulturen im Licht oder im Dunkeln vorgenommen worden waren, in verschiedener Weise.

2. Wurden Bohnen im Licht in normaler Nährlösung kultiviert, so wurde im allgemeinen, wenn der Lösung Lävulose, Saccharose oder Dextrose zugesetzt wurde, eine Begünstigung des Längenwachstums der Hypokotyle gegenüber denen der Keimlinge in der normalen Nährlösung ohne

Zucker beobachtet. Lävulose lieferte die besten Resultate, während sich Dextrose und Saccharose ziemlich gleich zu verhalten schienen.

Bezüglich der Wurzeln war es nicht möglich, ein klares Resultat zu erzielen.

Im Dunkeln waren es aber die ohne Zucker kultivierten Bohnen, welche das schönste Wachstum aufwiesen. Am schlechtesten standen die Kulturen, denen Lävulose zugesetzt worden war.

3. Viel deutlichere und gleichmäßigere Ergebnisse lieferten die Keimlinge der kalkfreien Kulturen.

Im Licht war stets eine Bevorzugung der Entwicklung der Wurzeln und oberirdischen Organe in den Lävulosekulturen den anderen Kulturen, insbesondere aber den kalkfreien Kulturen ohne Zucker, gegenüber zu sehen. Der Termin der Erkrankung wurde bei den Lävulosepflanzen bedeutend hinausgeschoben.

Auch die Kulturen in den Dextroselösungen und die in den Saccharoselösungen ergaben gewöhnlich bessere Resultate als die in den kalkfreien Lösungen ohne Zucker, doch blieben sie mitunter gegen letztere Lösungen zurück.

Während also im Licht eine Begünstigung des Wachstums der Keimlinge der Lävulosekulturen zu verzeichnen war, trat die günstigste Wirkung im Dunkeln bei den Dextrose-, respektive Saccharosekulturen zu Tage. Die schlechtesten Wurzeln lieferten die Lävulosepflanzen, während die ungünstigsten Ergebnisse, was die Hypokotyle betrifft, bei den Pflanzen in den kalkfreien Lösungen ohne Zucker gefunden wurden.

4. Ein Versuch, der als Vorversuch zu gelten hat und der darüber Aufschluß geben sollte, ob die Aufnahme der einzelnen Zuckerarten aus den Lösungen unter den verschiedenen Wachstumsbedingungen bezüglich der aufgenommenen Mengen mit den besprochenen Erscheinungen übereinstimme, ergab, daß dies im großen und ganzen der Fall ist, obgleich die Unterschiede hier nicht so scharf zum Vorschein kamen.

5. Die Behauptung verschiedener Forscher, daß in grünen, assimilierenden Pflanzen Formaldehyd nachweisbar sei, wurde

nachgeprüft und dies für normale und ohne Kalk gezogene Pflanzen bestätigt.

Unsere bisherigen Untersuchungen konnten keinen sicheren Aufschluß darüber geben, ob bei den im Licht ohne Kalk kultivierten Keimlingen von *Phaseolus vulgaris* den in normalen Nährlösungen auferzogenen gegenüber ein Plus an Formaldehyd nachzuweisen sei.

Fernere Versuche sollen hierüber und über die Frage, ob nicht vielleicht dem Kalk bei der Entstehung des Zuckers in der assimilierenden Pflanze und bei der Aufhebung der Giftwirkung des Formaldehyds eine Rolle zukomme, Aufklärung geben.

Tabelle I.

Datum der Versuchs-anstellung	Dauer des Versuches. Tage:	Anzahl der Versuchspflanzen	Nährlösung ohne Zucker				Nährlösung mit 1 % Dextrose				Nährlösung mit 1 % Saccharose				Nährlösung mit 1 % Lävulose			
			kürzestes Organ	längstes Organ	Gesamt-länge	Durch-schnitts-länge	kürzestes Organ	längstes Organ	Gesamt-länge	Durch-schnitts-länge	kürzestes Organ	längstes Organ	Gesamt-länge	Durch-schnitts-länge	kürzestes Organ	längstes Organ	Gesamt-länge	Durch-schnitts-länge
			Zentimeter															
			Normale Nährlösungen. Wurzeln. Lichtkulturen.															
10./VII. 1905 ...	8	8	6·5	7·5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8·3	9·5	—	—
14./II. 1906	8	7	6·0	18·5	85·9	12·271	7·5	9·0	56·6	8·085	5·8	10·3	54·1	7·728	8·0	11·0	65·2	9·314
15./III. 1906 ...	8	8	—	—	—	— [1]	2·0	4·5	24·2	3·025	1·8	6·0	27·3	3·412	3·2	6·1	35·3	4·412
5./V. 1906	8	8	16·0	25·6	167·7	20·962	10·5	15·0	102·4	12·8	10·0	17·8	104·6	13·075	12·3	19·9	132·7	16·587

[1] Die Kulturen in der Normallösung ohne Zucker waren leider verunglückt.